Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 1, Spring 2025, p. 57-72

The Effect of Organic Fertilizers Application and Humic Acid Foliar Spraying on Growth Characteristics of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) in a Saline Soil

S. Tandisseh Bana[1], A.R. Astaraei[1*], A. Lakzian[1]

1- Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding author's Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)

Received: 14-06-2024
Revised: 11-08-2024
Accepted: 19-08-2024
Available Online: 19-08-2024

How to cite this article:
Tandisseh Bana, S., Astaraei, A.R, & Lakzian, A. (2025). The effect of organic fertilizers application and humic acid foliar spraying on growth characteristics of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) in a saline soil. *Journal of Horticultural Science, 39*(1), 57-72. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88409.1351

Introduction

Saline soils due to lack of organic matter and poor physicochemical properties and subsequent lack of moisture, usually having poor vegetation. The use of organic fertilizers in saline soils, can improve the growth and tolerance of plants under salinity conditions by improving the physical and chemical properties of the soil. For this purpose, this research was carried out with two types of organic fertilizers to modify saline soil properties along with humic acid foliar application as a stimulant for the growth of the Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.) plant. The experimental factors included the first factor: 1) control (without organic fertilizer), 2) vermi compost (20 $ton.ha^{-1}$), 3) vermi compost (40 $ton.ha^{-1}$), 4) Spent Mushroom Compost (SMC) (20 $ton.ha^{-1}$), 5) Spent Mushroom Compost (40 $ton.ha^{-1}$), and the second factor was foliar spraying of humic acid at two levels of 0 and 0.1% in a Completely Randomized Design (factorial) with three replications. Photosynthesis rate, leaf area, plant dry weight, pH, salinity, bulk density and soil organic carbon were investigated in order to determine the most effective organic matter treatment under soil salinity stress conditions. Results showed that SMC significantly decreased soil pH, bulk density, but increased electrical conductivity and soil organic carbon. Leaf area was reduced but total phenol, chlorophyll a, b, total and carotenoid were increased resulting in significant increase in the dry weight of Stevia plants in saline soil. The highest dry weight of the plant was obtained with application of 40 $tons.ha^{-1}$ of SMC fertilizer and humic acid foliar, which was 45.12% more than the control (without fertilizer). Therefore, SMC fertilizer can be a suitable remediator for saline soil, humic acid spray also had a significant positive effect if used along with SMC soil application.

Materials and Methods

This experiment was conducted as a completely randomized design (factorial) in boxes (dimensions 30x40x30 cm) containing natural saline soil (EC=10.15 $dS.m^{-1}$) under natural agronomic conditions at The Ferdowsi University of Mashhad with three replications from July to January, 2018. Experimental factors were included the first factor: 1) control (without organic fertilizer), 2) vermicompost 20 tons/ha, 3) vermicompost 40 $ton.ha^{-1}$, 4) Spent mushroom compost 20 $ton.ha^{-1}$, 5) Spent mushroom compost 40 tons per hectare and the second factor: foliar spraying of humic acid at two levels of zero and 0.1%. A soil sample was collected from Kushk region of Neyshabur city with desired salinity (ECe=10.15 $dS.m^{-1}$) and some physical and chemical properties of soil and organic fertilizers were measured before the experiment. Organic fertilizers after mixing with the experimental soil, were added to the plastic boxes according to the amount of each treatment. Two seedlings were planted in each plastic box, maintaining a spacing of 20 cm. Irrigation was carried out daily using tap water. One month after the stevia plants had adapted to the climatic conditions of Mashhad, foliar application of humic acid was performed in three stages at 20-day intervals. After plant physiological maturity stage some

https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88409.1351

parameters including plant dry weight, leaf area, total plant phenol, amount of chlorophyll a, b, carotenoid, total plant chlorophyll, and soil organic carbon, bulk density, salinity, and soil pH, were determined after plant harvest. The dry weight of the stevia plant was obtained by weighing the plants after drying in an oven for 48 hours at 70°C. Statistical analysis of data was performed by JMP software version 0.8, drawing graphs using Excel software and comparing average data using LSD test at significance levels 1 and 5 percent.

Results and Discussion

Results showed that the SMC fertilizeralone and in combination with HA foliar application significantly increased the dry weight of the stevia plant compared to the control through improving saline soil physical and chemical properties like pH, OC, soil bulk density. These improvements resulted in some improvement in photosynthetic pigments and total phenol. The highest dry weight of stevia plant was obtained with application of 40 ton/ha of SMC fertilizer and humic acid 0.1% leaf spraying.

Conclusions

According to the results of this research, application of SMC fertilizer with and without foliar application of humic acid was able to significantly increase the dry weight of the stevia plant compared to the control (without fertilizer) through modifying the physical and chemical properties of saline soil (pH, OC, bulk density) and some phytochemical properties of the plant (Photosynthetic pigments and total phenol). Application of VC fertilizer was not successful. Even though humic acid foliar application increased the total plant phenol, it could not improve the growth of the plant in saline soil alone, but it could increase the dry weight of the plant only with application of SMC fertilizer. Thus, the highest dry weight of stevia plant was obtained with application of 40 ton/ha of SMC fertilizer and humic acid spraying.Therefore, it is suggested that in order to achieve proper performance (≥80%) and improvement in the physiological and morphological characteristics of the stevia plant in very saline soil (ECe≥10 $dS.m^{-1}$), it is necessary to use 40 $ton.ha^{-1}$ or more of mushroom compost waste. It should be used in saline soil three to six months before cultivation and 0.1% humic acid foliar spraying should be done three times with an interval of 20 days.

Keywords: Physiological characteristics, Plant biostimulants, SMC (spent mushroom Compost), Soil salinity, Stevia sweet leaf , Vermicompost

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۱، بهار ١٤٠٤، ص. ۷۲-۵۷

تأثیر کاربرد کودهای آلی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni.) در یک خاک شور

سمیرا تندیسه بنا[۱]- علیرضا آستارایی[۱*]- امیر لکزیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹

چکیده

کاربرد کودهای آلی در خاک‌های شور که عمدتاً به‌دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب با کمبود مواد آلی و به دنبال آن کمبود رطوبت مواجه هستند، از طریق اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند موجب بهبود رشد و تحمل گیاهان در خاک‌های شور شود. در این تحقیق از دو نوع کود آلی به‌عنوان اصلاح‌کننده خصوصیات خاک شور و محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌عنوان محرک رشد گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni.) استفاده شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل فاکتور اول: ۱- شاهد (بدون کود آلی)، ۲- ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، ۳- ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار، ۴- کمپوست قارچ مصرفی ۲۰ تن در هکتار، ۵- کمپوست قارچ مصرفی ۴۰ تن در هکتار و فاکتور دوم شامل: محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو سطح صفر و ۰/۱ درصد با سه تکرار بودند. میزان فتوسنتز، سطح برگ، وزن خشک گیاه، pH، شوری، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی خاک به‌منظور تعیین مؤثرترین ماده آلی در شرایط تنش شوری خاک مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کود کمپوست قارچ مصرف‌شده (SMC) موجب کاهش معنی‌دار pH خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش شوری و کربن آلی خاک شد. سطح برگ گیاه کاهش یافت، ولی منجر به افزایش فنول کل، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ شده و موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه استویا در خاک شور گردید. بیشترین وزن خشک گیاه با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد که نسبت به شاهد (بدون کود) ۴۵/۱۲ درصد بیشتر بود. بنابراین کود SMC می‌تواند اصلاح‌کننده مناسبی برای خاک شور باشد، محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز فقط همزمان با کاربرد SMC تأثیر مثبت معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیولوژیکی، برگ شیرین استویا، شوری خاک، محرک‌های زیستی گیاه، ورمی کمپوست، کمپوست ضایعات قارچ

مقدمه

با توجه به تأثیر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی و اهمیت کشت گیاهان دارویی از نظر تأمین سلامت جامعه و تنوع کشت در سیستم‌های کشاورزی، می‌توان با استفاده از راهکارهای سازگار با محیط زیست از جمله کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی و محلول‌پاشی اسید هیومیک، از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و گیاه و بررسی شاخص‌های تحمل تنش در گیاه، مؤثرترین ماده آلی را از بین تیمارها انتخاب نمود (Kumar *et al*., 2012).

استویا ربودیانا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) از جمله گیاهان دارویی چندمنظوره، علفی و چندساله از تیره Asteraceae، بومی پاراگوئه و برزیل بوده و امروزه در آسیا و آمریکای جنوبی به‌طور وسیعی به‌عنوان شیرین‌کننده طبیعی و سایر مصارف دارویی از جمله کاهش قند خون مورد استفاده قرار می‌گیرد. برگ‌های این گیاه حاوی ترکیبات گلیکوزیدی (Steviol glycosides) مختلف از جمله Stevioside و Rebaudioside می‌باشد که ۱۰۰ تا ۳۰۰ برابر شیرین‌تر از قند بوده، امّا به‌دلیل عدم جذب در سیستم گوارشی انسان و کالری پایین، برای افراد دیابتی و چاق نیز مناسب بوده و می‌تواند

۱- گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88409.1351

جایگزین مناسبی برای شیرین‌کننده‌های مصنوعی، در صنایع نوشابه‌سازی، شیرینی‌پزی، شکلات‌سازی و ... باشد (Gandhi *et al.*, 2018).

اکثر مطالعات در خصوص تحمل گیاه استویا در برابر تنش شوری در شرایط گلخانه با نمک سدیم کلرید انجام شده و مطالعات در خاک شور طبیعی که حاوی سایر املاح نیز می‌باشد، بسیار اندک است. تحقیقات کانتابلا و همکاران (Cantabella *et al.*, 2017) نشان داد که شوری سدیم کلرید (۳۴ و ۹۰ میلی مولار) اثر معنی‌داری بر رشد گیاه استویا نداشته و این گیاه در بلندمدت مقاوم به تنش سدیم کلرید می‌باشد. ژنگ و همکاران (Zeng *et al.*, 2013) نیز گیاه استویا را به‌عنوان گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری سدیم کلرید معرفی کردند. براساس نتایج ریس و همکاران (Reis *et al.*, 2015)، تحمل گیاه استویا در برابر شوری سدیم کلرید آب آبیاری (۲ دسی‌زیمنس بر متر) کمتر از چغندرقند (*Beta vulgaris*) (۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر)، امّا بیشتر از نیشکر (۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد و کاهش ۵۰ درصدی عملکرد گیاه استویا در شوری سدیم کلرید (۹ دسی‌زیمنس بر متر)، ولی برای چغندرقند و نیشکر این کاهش به‌ترتیب در شوری‌های ۱۰ و ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. از طرف دیگر، حساسیت گیاه استویا در برابر شوری (کاهش عملکرد به‌ازای هر واحد افزایش شوری) کمتر از گیاهان زراعی چغندرقند و نیشکر بوده، بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای قندهای چغندرقند و نیشکر (*Saccharum officinarum*) باشد.

به‌طور کلی، شوری از طریق ایجاد تنش‌های اسمزی و یونی، رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار داده، منجر به کاهش جذب آب و توسعه سلولی، کلروز و نکروز، کاهش فعالیت متابولیسم‌های سلولی از جمله فتوسنتز و کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Flowers & Colmer, 2008). گیاهان از سازوکارهای مختلفی برای تحمل تنش شوری استفاده می‌کنند، از جمله دفع سدیم از غشاء پلاسمایی و انتقال آن به واکوئل‌ها، سنتز اسمولیت‌هایی از قبیل آمینواسیدها و مولکول‌های حاوی نیتروژن (پرولین، گلایسین بتائین و ...)، تجمع یونی (سدیم، پتاسیم، کلسیم و کلر) در جهت تنظیم اسمزی و حفظ آماس سلولی گیاه (Ashraf & Foolad, 2007) و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی.

از جمله سازوکارهای گیاه استویا در مواجهه با تنش شوری، افزایش مقدار کلروفیل در بلندمدت جهت حفاظت از فتوسنتز، ایجاد و حفظ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در مقابله با تنش اکسیداتیو، تجمع پرولین، سدیم، پتاسیم و کلر در برگ‌ها جهت تنظیم اسمزی، تجمع سدیم در ریشه‌ها و افزایش وابسته به زمان ریبودیوزید A است (Cantabella *et al.*, 2017). با شناخت این سازوکارها در مواجهه با تنش شوری، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان شاخص تحمل تنش در جهت بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش یا کاهش تحمل تنش استفاده نمود.

در این تحقیق به‌منظور کاهش اثرات مخرب تنش شوری بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه استویا در خاک شور طبیعی، از کودهای آلی (ورمی کمپوست و ضایعات کمپوست قارچ) جهت اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و از محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌منظور تحریک رشد و بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه استفاده گردید. بنابراین با توجه به نبود تحقیقات کافی در خصوص خاک با شوری طبیعی و نارسایی‌ها و کاستی‌های موجود، این تحقیق با اهداف: ۱- اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شور با کمک اصلاح‌کننده‌های آلی ۲- بهبود خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه استویا در شرایط تنش شوری خاک با کمک مواد آلی و ۳- انتخاب بهترین تیمار جهت بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری طبیعی خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در جعبه‌های کشت (ابعاد ۳۰×۴۰×۳۰ سانتی‌متر) حاوی خاک شور طبیعی (شوری ۱۰/۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) از تیر ماه تا دی ماه ۱۳۹۸ در شرایط طبیعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل فاکتور اول: ۱- شاهد (بدون کود آلی)، ۲- ورمی کمپوست ۲۰ تن بر هکتار، ۳- ورمی کمپوست ۴۰ تن بر هکتار، ۴- ضایعات کمپوست قارچ ۲۰ تن بر هکتار، ۵- ضایعات کمپوست قارچ ۴۰ تن بر هکتار و فاکتور دوم شامل: محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو سطح صفر و ۰/۱ درصد بودند.

برای انجام این آزمایش، ابتدا چهار نمونه خاک شور از مناطق مختلف نیشابور به آزمایشگاه خاک منتقل و شوری و بافت آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس یک نمونه خاک (منطقه کوشک نیشابور) با شوری مورد نظر (شوری ۱۰/۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) انتخاب و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کودهای آلی قبل از آزمایش اندازه‌گیری شد (جداول ۱ و ۲). کود اسید هیومیک چرو کینگ (CHERO King) ایتالیا (۹۵ درصد) از شرکت محصولات کشاورزی گرندپا (Grandpa Ray Outdoors) خریداری شد. کودهای آلی بعد از مخلوط شدن با خاک آزمایشی با توجه به مقادیر هر تیمار، به جعبه‌های کشت به ابعاد ۳۰×۴۰×۳۰ سانتی‌متر اضافه شدند. گیاهچه‌های استویا از مزرعه زرگیاه شیراز تهیه و در هر جعبه کشت،

دو گیاهچه به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر در داخل جوی کشت شدند. آبیاری با آب معمولی به‌صورت روزانه انجام شد و یک ماه بعد از سازگاری گیاه استویا با شرایط آب‌وهوایی مشهد، محلول‌پاشی اسید هیومیک در سه مرحله با فواصل ۲۰ روز انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات

بعد از آخرین مرحله محلول‌پاشی، چند نمونه برگ سبز برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید) و سایر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه استویا جمع‌آوری و برداشت نهایی بعد از گل‌دهی و تولید بذر (هفت ماه بعد از کشت گیاه) انجام شد.

صفات مورد بررسی شامل وزن خشک گیاه، سطح برگ، فنل کل گیاه، میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید، کلروفیل کل گیاه و به‌منظور بررسی خصوصیات خاک بعد از برداشت گیاه مقادیر کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، شوری و pH خاک تعیین شدند. وزن خشک گیاه استویا با توزین گیاهان بعد از خشک کردن در آون به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد.

جدول ۱- خصوصیات آب آبیاری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قبل از کاشت

Table 1- The properties of irrigation water and physical and chemical properties of studied soil before planting

خصوصیات خاک Soil properties		خصوصیات آب Water properties	
هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	10.15	هدایت الکتریکی EC (Ms.m^{-1})	777.00
اسیدیته گل اشباع pH	7.12	اسیدیته pH	7.17
(%)	0.60	سدیم محلول Na (meq.l^{-1})	0.62
بافت خاک Soil texture	Loamy-Sand	پتاسیم محلول K (meq.l^{-1})	0.08
کربنات معادل خاک T.N.V (%)	6.85	کلسیم محلول Ca (meq.l^{-1})	12.00
نیتروژن کل Total N (%)	203.00	منیزیم محلول Mg (meq.l^{-1})	16.00
فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg^{-1})	20.51	کلر محلول Cl (meq.l^{-1})	0.40
سدیم محلول Na (meq/l)	46.94	نسبت جذب سدیم SAR	0.17
پتاسیم محلول K (meq.l^{-1})	0.37		
کلسیم محلول Ca (meq.l^{-1})	26.00		
منیزیم محلول Mg (meq.l^{-1})	28.50		
کلر محلول Cl (meq.l^{-1})	46.00		
سولفات محلول SO_4^{-2} (meq.l^{-1})	54.00		
بی کربنات محلول HCO^{-3} (meq.l^{-1})	1.50		

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در پژوهش

Table 2- The physical and chemical properties of used organic fertilizers

خصوصیات Properties	اسید هیومیک Humic acid (HA)	کمپوست قارچ مصرف شده Safe mushrum compost (SMC)	ورمی کمپوست Vermi compost (VC)
پ هاش Ph	9.81	7.23	7.92
شوری EC (dS.m^{-1})	15.97	9.92	4.01
نسبت جذب سدیم SAR		6.68	1.02
کربن آلی Organic carbon (%)	95	16.38	19.5
سدیم Na (meq.l^{-1})		34.09	22.39
پتاسیم K (meq.l^{-1})	154	54.78	18.34
کلسیم Ca (meq.l^{-1})		71	22.5
منیزیم (meq.l^{-1}) Mg		16	8
کلر Cl (meq.l^{-1})		57	12
فسفر ppm)(P		39.15	48.88
نیتروژن N (ppm)		427	259

برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی، ۰/۱ گرم بافت تازه گیاه در هاون چینی با پنج میلی‌لیتر استون (۸۰ درصد) ساییده شد و به‌مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس از طریق اسپکتروفتومتر، مقادیر جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید (Arnon, 1994).

برای اندازه‌گیری میزان فنل کل، میزان ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی (۰/۵ گرم در پنج میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد) با ۱۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط و بعد از استراحت، ۳۰۰ میکرولیتر سدیم کربنات یک مولار به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجه سانتی‌گراد، در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Slinkard & Singleton, 1977). اندازه‌گیری سطح برگ گیاه نیز توسط دستگاه Leaf area meter انجام شد.

خصوصیات شیمیایی خاک از جمله pH و EC_e در عصاره اشباع خاک به‌روش قیف بوخنر و کربن آلی خاک به‌روش والکلی و بلک اندازه‌گیری شد.

طرح آماری

آزمایش در قالب فاکتوریل شامل فاکتور اول: تیمار کودهای آلی ورمی کمپوست و ضایعات کمپوست قارچ هر یک در سه سطح (صفر، ۲۰ و۴۰ تن یر هکتار) و فاکتور دوم: اسید هیومیک در دو سطح (صفر و ۰/۱ درصد)، در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار JMP نسخه ۸/۰ (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)، رسم نمودارها به‌کمک نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک گیاه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده و برهم‌کنش ضایعات کمپوست قارچ، ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر وزن خشک گیاه استویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. بیشترین وزن خشک گیاه استویا با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود کمپوست قارچ و محلول‌پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱۸/۴۶ (گرم

بر گلدان) مشاهد شد که افزایشی ۸۲/۲ درصدی نسبت به شاهد (۱۰/۱۳) نشان داد (جدول۶). به نظر می‌رسد با افزایش کاربرد کود کمپوست قارچ (جدول ۴) از طریق بهبود برخی از خصوصیات خاک و گیاه از جمله کاهش سطح برگ، pH و جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش درصد کربن آلی خاک، رنگیزه‌های فتوسنتزی و فنل کل گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه استویا شده است. رضایی نژاد و افیونی (Rezainejad & Efioni, 2000)، افزایش مواد آلی خاک و بهبود جذب عناصر غذایی خاک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ...)، تعدیل اسیدیته و دمای خاک، بهبود خواص فیزیکی (ساختمان خاک، ظرفیت نگهداشت رطوبت و ...) و افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و رشد سبزینه‌ای گیاه را عامل افزایش وزن خشک گیاه در نتیجه مصرف کود آلی دانستند. گوموس و سکر (Gümüs & Seker, 2017) بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله پایداری خاکدانه‌ها، کربن آلی، نیتروژن کل خاک در اثر کاربرد SMC را گزارش نمودند.

درحالی‌که کمترین وزن خشک گیاه (۴/۲۰ گرم بر گلدان) با کاربرد ۲۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست و محلول‌پاشی با اسید هیومیک بدست آمد (جدول ۶). با توجه به خصوصیات کودها (جدول۲)، کود کمپوست قارچ بدلیل pH کمتر، مقادیر کلسیم، پتاسیم و نیتروژن بیشتر نسبت به ورمی کمپوست در اصلاح خاک شور بهتر عمل کرده است.

به‌طور کلی، بدون در نظر گرفتن نوع کود آلی، محلول‌پاشی اسید هیومیک تا حدودی موجب کاهش معنی‌دار ۷/۶۶ درصدی وزن خشک گیاه استویا شد (جدول ۴). ازآنجایی‌که اثرگذاری محلول‌پاشی اسید هیومیک با وجود نقش شبه هورمونی و اثر تحریک‌کنندگی زیستی آن؛ بستگی به نوع گیاه، منبع اسید هیومیک، شرایط محیط رشد، روش و غلظت کاربرد آن دارد (Rose *et al*, 2014) براساس نتایج این آزمایش، محلول‌پاشی اسید هیومیک موجب افزایش معنی‌دار فنل کل گیاه شده، امّا موجب کاهش معنی‌دار سطح برگ، کلروفیل a و b و در نتیجه کاهش وزن خشک گیاه استویا شده است (جدول ۵).

احتمالاً غلظت اسید هیومیک محلول‌پاشی‌شده در شرایط تنش شوری خاک برای گیاه استویا کافی و بسنده نبوده و بنابراین نتوانسته است بر تنش مضاعف شوری (۱۴/۷۲ دسی‌زیمنس بر متر) با حضور اسید هیومیک و سمیت ویژه یونی (سدیم و کلر محلول) خاک روی گیاه تأثیرگذار باشد، اگرچه تا حدودی موجب کاهش شوری خاک شده، امّا نتوانسته تأثیر مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه استویا داشته باشد.

خسروی و همکاران (Khosravi *et al*., 2023) با بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید هیومیک (صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ گرم بر لیتر) و بدون سولفات روی، روند تغییرات کاهشی تا سطح ۱/۵ گرم بر لیتر و افزایشی در وزن خشک بوته مریم گلی بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد در یک خاک لومی با هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند، درحالی‌که وزن تر بوته در سطح ۱/۵ گرم بر لیتر کاهش معنی‌داری نشان داد. کاهش وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه ریحان از طریق محلول‌پاشی اسید هیومیک در سطوح بیشتر از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (Ahmadi & Moradi, 2014) و در گیاه ذرت در سطوح بیشتر از ۰/۱ درصد در شرایط تنش شوری خاک (Khaled & Fawy, 2011) گزارش شده است. درحالی‌که بیشترین شاخص‌های رشدی نعنا با محلول‌پاشی اسید هیومیک در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد (Rostami *et al*., 2018).

به‌طور کلی، اسیدهای هیومیک با تقویت هورمون‌هایی مانند اکسین و سیتوکینین که به گیاهان در مقاومت به تنش‌های غیرزیستی، متابولیسم مواد مغذی و فتوسنتز کمک می‌کند، می‌توانند موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان شوند (Ampong *et al*., 2022). کاربرد ورمی‌کمپوست غنی از اسید هیومیک در گیاهان به‌دلیل ارتقاء ترشح و فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنوع و فراوانی میکروبی و فراوانی ریزجانداران حل‌کننده فسفر در مقایسه با تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی باعث افزایش فسفر قابل دسترس خواهد شد، همچنین اثر مثبت اسیدهای هیومیک بر حلالیت و تحرک فسفر و بهره‌وری محصول، احتمالاً به‌دلیل فعال شدن میکروبیوتای ریزوسفر از طریق ترشحات ریشه می‌باشد (Bezuglova *et al*., 2019).

به‌علاوه اسیدهای هیومیک (HPs) جوامع میکروبی در خاک را بهبود داده و گیاهان تیمارشده با HPs از طریق تحریک فیتوهورمون گیاهی، سبب افزایش رشد ریشه و ساقه‌های گیاه می‌شود که در نتیجه ایجاد تغییراتی در ریزودیپوزیشن در سیستم خاک – گیاه است (Nardi *et al*., 2021; Ampong *et al*., 2022). بنابراین با کاربرد HPs جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بهبود یافته و در نتیجه تولید هورمون‌های گیاهی و آنزیم‌ها، غلظت کلروفیل a, b و کل برگ افزایش داشته که بیانگر تأثیر مثبت اسید هیومیک بر رشد ریشه، ساقه و بهبود در عملکرد گیاه در شرایط تنش غیرزیستی می‌باشد (Sible *et al*., 2021; Ampong *et al*., 2022).

جدول ۳ – تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه‌گیری‌شده در خاک و گیاه استویا

Table 3- The ANOVA (mean squares) for some measured traits of soil and *Stevia rebudiana* plant

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک Dry weight	کلروفیلa Cha	کلروفیل b Chb	کارتنوئید Cartenoieds	کلروفیل کل Total pigment	سطح برگ Leaf area	شوری خاک Soil salinity	پ هاش خاک Soil pH	فنل گیاه Phenol
سطوح کودهای آلی Levels of organic fertilizers (M)	4.00	133.31 **	2.05 **	0.04 **	0.04 **	1.09 **	55..72 **	19.17 **	0.2 **	75.25 **
اسید هیومیک Humic acid (HA)	1.00	4.90 **	0.1 **	0.03 *	0.03 **	0.05 ns	18.30 **	0.18 ns	0.0 ns	609.12 **
HA×M	4.00	29.63 **	0.51 **	0.01 ns	0.01 **	0.2 **	5.36 **	0.38 **	0.0 ns	300.22 **
خطا Error	20.00	0.35	0.01	0	0	0.02	1.58	0.09	0.00	3.84
ضریب تغییرات CV (%)										

ns, *, **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج ویک درصد

ns,** , *: non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively:

جدول ٤- اثر سطوح دو نوع کود آلی بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 4- The effect of two organic fertilizers levels on dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

سطوح کودهای آلی Levels of organic fertilizers ($ton.ha^{-1}$)	وزن خشک گیاه استویا Dry weight of plant ($g.pot^{-1}$)	کلروفیل a Cha ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chb ($mg.g^{-1}$ fw)	کارتنوئید Cartenoieds ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total pigment ($mg.g^{-1}$ fw)	سطح برگ Leaf area	فنل گیاه Phenol ($mg.g^{-1}$ fw)
Control (۰)	9.89 c*	1.23 b	0.56 a	0.32 bc	2.11 b	21.45 a	80..62 d
SMC (20)	14.05 b	1.33 b	0.62 a	0.35 bc	1.98 b	18..77 b	91.89 b
SMC (40)	17.46 a	1..60 a	0.60 a	0.44 a	2.64 a	16.20 c	109.72 a
VC (20)	6.16 e	0.99 c	0.46 b	0.28 c	1.73 c	15.21 cd	84.33 c
VC (40)	7.36 d	0.85 d	0.44 b	0.23 d	1.52 d	13.78 d	92.30 b

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

* In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

C 0: شاهد، VC: ورمی کمپوست، SMC: کمپوست قارچ مصرف‌شده و HA: اسید هیومیک

C0: Control, VC: Vermicompost, SMC: Soil mashrom compost, HA: Humic acid

جدول ٥- اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 5- The effect of foliar spraying humic acid on the dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

اسید هیومیک HA (%)	وزن خشک گیاه Dry weight of plant ($g.pot^{-1}$)	کلروفیل a Cha ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chb ($mg.g^{-1}$ fw)	کارتنوئید Cartenoieds ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total pigment ($mg.g^{-1}$ fw)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	فنل گیاه Phenol ($mg.g^{-1}$ fw)
HA 0	11.39 a*	1.26 a	0.57 a	0.35 a	2.04 a	17.86 a	87.27 b
HA 0.1	10.58 b	1.14 b	0.50 b	0.30 b	1.95 a	16.3 b	96.28 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

* In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و برهم‌کنش کودهای آلی (کمپوست قارچ، ورمی‌کمپوست) و اسید هیومیک بر کلروفیل a برگ گیاه استویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

بیشترین کلروفیل a برگ با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار SMC و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱/۹ (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) نسبت به شاهد (۱/۲۲) افزایش معنی‌داری معادل ۳۵/۷۹ درصد داشت (جدول۶). مطابق با نتایج مطالعات فتحی و همکاران (Fathi *et al*, 2014)، SMC حاوی مواد مغذی با ارزش (فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف) و ماده آلی است که با کاهش pH خاک و افزایش فعالیت میکروبی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌شود، که این افزایش دسترسی به عناصر غذایی و آب می‌تواند موجب تحریک رشد و فتوسنتز گیاه شود، درحالی¬که کمترین کلروفیل a با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک کاهشی ۶۰/۵۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول۶)، که نشان‌دهنده اهمیت نوع کود آلی مصرفی در شرایط خاک شور و برتری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود SMC نسبت به ورمی‌کمپوست در این تحقیق است.

غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئید با محلول‌پاشی اسید هیومیک نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) به‌ترتیب ۹/۵۲، ۱۴ و ۱۶/۶۷ درصد کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵) که علت آن می‌تواند کافی و بسنده نبودن اسید هیومیک محلول‌پاشی‌شده باشد که نتوانسته اثرات مثبتی بر تنش مضاعف شوری و سمیت ویژه یونی خاک روی گیاه داشته باشد. زیراکه تنش‌های شدید می‌تواند به کاهش سنتز کمپلکس اصلی کلروفیل، تشدید فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، تولید ترکیبات فنلی، افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن و آسیب رساندن به غشاء کلروپلاست و اختلال در جذب نیتروژن از خاک منجر شود (Smirnoff, 1993).

غلظت کلروفیل b، کل و کارتنوئید

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده سطوح کودهای آلی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر غلظت کلروفیل b به‌ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود، امّا برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نشد، به‌طوری‌که بیشترین غلظت کلروفیل b با کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار کود SMC به‌دست آمد که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که کمترین غلظت با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود ورمی کمپوست مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ٦- برهم‌کنش سطوح دو نوع کود آلی × محلول‌پاشی اسید هیومیک بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 6- The interaction of organic fertilizers ×foliar spraying humic acid on the dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

سطوح کودهای آلی Organic fertilizers levels ($ton.ha^{-1}$)	اسید هیومیک HA (%)	وزن خشک گیاه Dry weight ($g.pot^{-1}$)	aکلروفیل Cha ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل b Chb ($mg.g^{-1}$ fw)	کارتنوئیدها Cartenoieds ($mg.g^{-1}$ fw)	کلروفیل کل Total pigment ($mg.g^{-1}$ fw)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	فنل گیاه Phenol $mg.g^{-1}$) (fw
C 0		10.13^{d*}	1.22^{c}	0.34^{bcd}	0.34^{bcd}	2.15^{bc}	22.16^{a}	78.01^{g}
SMC 20		11.69^{c}	1.4^{b}	0.41^{b}	0.41^{b}	1.95^{cd}	20.26^{a}	98.54^{c}
SMC 40	0	16.45^{b}	1.90^{a}	0.53^{a}	0.53^{a}	3.0^{a}	15.39^{bc}	101.24^{bc}
VC 20		8.15^{e}	1.01^{d}	0.29^{cde}	0.29^{cde}	1.73^{de}	16.29^{b}	78.03^{g}
VC 40		10.52^{d}	0.76^{e}	0.21^{f}	0.21^{f}	1.37^{f}	15.21^{bc}	80.52^{fg}
C 0		9.65^{d}	1.23^{c}	0.31^{cde}	0.31^{cde}	2.06^{bc}	20.74^{a}	83.24^{ef}
SMC 20		16.41^{b}	1.26^{bc}	0.30^{cde}	0.3^{cde}	2.01^{c}	17.28^{b}	85.23^{e}
SMC 40	0.1	18.46^{a}	1.31^{bc}	0.36^{bc}	0.36^{bc}	2.28^{b}	17.02^{b}	$118..20^{a}$
VC 20		4.17^{f}	0.98^{d}	0.27^{def}	0.27^{def}	1.74^{de}	14.12^{cd}	90.63^{d}
VC 40		4.20^{f}	0.95^{d}	0.25^{ef}	0.25^{ef}	1.67^{e}	12.34^{d}	104.09^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

* In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

C 0: شاهد، VC: ورمی کمپوست، SMC: کمپوست قارچ مصرفی و HA: اسید هیومیک

C0: Control, VC: Vermicompost, SMC: Soil mashrom compost, HA: Humic acid

برهم‌کنش سطوح کودهای آلی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر غلظت کارتنوئیدها و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت کارتنوئید و کلروفیل کل با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک (به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۳ و ۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) به‌دست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری معادل ۵۵/۸۸ و ۲۸/۳۳ درصد نشان داد. کمترین غلظت کارتنوئید وکلروفیل کل نیز با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود VC و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد که نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. ازآنجایی‌که کود VC مورد استفاده در این تحقیق با توجه به نتایج جدول ۸، نتوانسته است خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نسبت به شاهد بهبود ببخشد، اصلاح‌کننده مناسبی برای شرایط تنش شوری ECe 10.5 $dS.m^{-1}$ خاک نیست.

نتایج خسروی و همکاران (Khosravi *et al.*, 2023) نیز نشان داد که تنها تأثیر سطوح اسید هیومیک ۱/۵، ۳ و ۴/۵ گرم بر لیتر بر کلروفیل b نسبت به هم معنی‌دار نبود و در خصوص کلروفیل کل نیز تنها تأثیر سطوح اسید هیومیک ۱/۵، ۳ گرم بر لیتر نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. اثر متقابل اسید هیومیک صفر، ۱/۵ و ۴/۵ گرم بر لیتر با سولفات روی ۹ گرم بر لیتر بر کلروفیل a و کلروفیل کل نیز معنی‌دار نشد. آن‌ها نیز گزارش کردند که غلظت کارتنوئیدها در مریم گلی در سطح اسید هیومیک ۴/۵ با سولفات روی ۹ گرم بر لیتر نسبت به سطوح اسید هیومیک ۱/۵ و ۳ با سولفات روی ۹ گرم برلیتر کاهش معنی‌داری داشت (Khosravi *et al.*, 2023).

محتوای کلروفیل a, b و کلروفیل کل گیاه فلفل سبز (*Capsicum annuum* L) با تیمارهای عصاره‌های شیرابه قارچ صدفی و قارچ دکمه‌ای افزایش یافت. همچنین میزان کاروتنوئید میوه‌ها در گیاهان تیمارشده به‌طور قابل توجهی افزایش یافت، امّا افزایش کاروتنوئید برگ‌های گیاه معنی‌دار نبود (Roy *et al.*, 2015). گل همیشه بهار فرانسوی (*Tagetes. patula*) تحت تیمارهای زیست‌توده کمپوست قارچ (WMB) نشان داد که به نظر می‌رسد، اثر تحریک‌کننده WMB بر رشد و گل‌دهی گل همیشه بهار با فراوانی زیاد عناصر غذایی در WMB مرتبط باشد (Salachna *et al.*, 2021). محتوای کلروفیل a, b و کل و کاروتنوئیدهای برگ گل همیشه بهار تیمارشده با WMB افزایش معنی‌داری نشان داد. محتوای بالای کلروفیل در برگ‌ها و کاروتنوئیدها در گل‌ها باعث می‌شود که گیاه *T patula* منبع ارزشمندی از این رنگدانه‌ها باشد. ازآنجایی‌که هم کلروفیل و هم کاروتنوئیدها آنتی‌اکسیدان‌های قوی و طبیعی با خواص ضدسرطانی هستند، بنابراین نقش مهمی در محافظت در برابر گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد دارند (Barreiro & Barredo, 2018; Salachna *et al.*, 2021).

سطح برگ

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده و برهم‌کنش کودهای آلی (کمپوست قارچ مصرفی، ورمی‌کمپوست) و اسید هیومیک بر میزان سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار می‌باشد. با کاربرد هر دو نوع کود آلی، سطح برگ گیاه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین سطح برگ در گیاهان شاهد با میانگین ۲۲/۱۶ سانتی‌مترمربع و کمترین سطح برگ با کاربرد ۴۰ تن در هکتار کود ورمی کمپوست با میانگین ۱۲/۳۴ سانتی‌مترمربع به‌دست آمد (جدول ۶). با توجه به اینکه در این تحقیق کاهش سطح برگ و افزایش وزن مخصوص برگ، موجب افزایش غلظت کلروفیل شده است، به نظر می‌رسد که یکی از راهکارهای گیاه استویا برای تحمل تنش شوری وحفاظت از فتوسنتز، کاهش سطح برگ می‌باشد.

محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ گیاه استویا شد (۹/۵۷ درصد کاهش).

فنل کل گیاه

اثرات ساده و برهم‌کنش کودهای آلی (SMC، VC) و اسید هیومیک بر میزان فنل کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین فنل کل گیاه با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول‌پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱۱۸/۲۰ (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) به‌دست آمد که نسبت به شاهد (۷۸/۰۱) افزایش ۳۴ درصدی داشت (جدول ۶).

ازآنجایی‌که فنل نوعی آنتی‌اکسیدان بوده، افزایش تولید آن با کاربرد کودهای آلی می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه استویا ناشی از بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی برای گیاه باشد (Nguyen *et al.*, 2010). به‌علاوه اسید هیومیک به‌عنوان پیش‌ساز و فعال‌کننده ترکیبات ثانویه در گیاهان دارویی سبب افزایش میزان فنل کل شده است (Amini Fard & Qaderi Zeh, 2019). از دیگر دلایل اثرات تحریک‌کنندگی زیست‌توده ضایعات کمپوست قارچ بر محتوای فنل کل ممکن است وجود کیتین و مشتقات آن از دیواره سلولی قارچ باشد. به نظر می‌رسد که این ترکیبات با بهبود سیستم ایمنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تأثیر بیولوژیکی قوی بر گیاهان داشته باشند (Olszowy, 2019; Salachna *et al.*, 2021). تیمار کمپوست ضایعات قارچ به‌تنهایی (۱۰۰ درصد) به‌طور معنی‌داری بر ویژگی‌های

کیفی بابونه (*Matricaria chamomilla*)، ترکیباتی مانند اسانس، فلاونوئید و اسید فنولیک و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی از طریق مهار رادیکال‌های DPPH و ORAC oxygen radical (absorbance capacity) و ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن تأثیر مثبتی نشان داده است.

کویاتوسکی و هاراسیم (Kwiatkowski & Harasim, 2021) معتقدند که نقش آنتی‌اکسیدانی اصلی به اسانس‌ها و ترکیبات فنلی نسبت داده می‌شود. رادیکال‌های آزاد سرآغاز توسعه بسیاری از سبک های زندگی هستند، بیماری‌هایی مانند: دیابت، تصلب شراین، بیماری آلزایمر و پارکینسون. ازاین‌رو، برای محتوای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در مواد گیاهی که تحت تأثیر مراحل اولیه عملیات زراعی مانند نوع کودها به‌خصوص کودهای آلی و مقادیرکوددهی قرار می‌گیرند، دقت و مراقبت‌های لازم را باید در نظر گرفت. باید نوع کوددهی صحیحی را انتخاب کرد که به احتمال زیاد بر محتوای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در مواد خام گیاهی علاوه‌بر محتوای ترکیبات دیگری که اثرات ارتقاءدهنده سلامتی بر انسان و حیوانات دارند، بیشترین سهم را داشته باشد (Kwiatkowski & Harasim, 2021).

pH و شوری خاک بعد از برداشت گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر کودهای آلی بر شوری و pH خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، امّا برهم‌کنش کودهای آلی و اسید هیومیک فقط بر شوری خاک معنی‌دار شد.

بیشترین شوری خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC با میانگین ۱۴/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که نسبت به شاهد ($۱۰/۸۶\ dS.m^{-1}$) افزایش معنی‌دار ۲۶/۴۷ درصدی نشان داد (جدول ۷)، کمترین pH خاک نیز با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار SMC با میانگین ۸/۰۹ به‌دست آمد که نسبت به شاهد کاهش ۴/۸۲ درصدی داشت (جدول ۷). اسید هومیک، به‌عنوان بخشی از مواد هیومیکی به‌طور کلی، بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک تأثیر داشته که موجب بهبود ذخیره عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و در نهایت افزایش فراهمی آن‌ها شده و در نتیجه، افزایش شوری خاک را سبب می‌شود (Ampong *et al.*, 2022; Khaled & Fawy, 2011). نتایج تحقیقی روی خاک شور نشان داد که همبستگی مثبتی بین مقدار اسید هیومیک با مقدار کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی وجود دارد. هر چه سطوح اسید هیومیک بیشتر باشد، مقادیر CEC افزایش یافته است که این امر به‌خاطر افزایش غلظت کاتیون‌ها در سطح کانی‌ها و بین مواد معدنی می‌باشد (Mindari *et al.*, 2014).

کاربرد اسید هیومیک می‌تواند از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی به پایداری خاک‌دانه‌ها در خاک‌های شور منجر شود و کاربرد اسید هیومیک در خاک شور با ۷ <pH موجب کاهش pH حدود ۰/۷ واحد شده است که احتمالاً به‌دلیل انتشار و آزادسازی یون H^+ ازاسید هیومیک به‌دلیل تبادل کاتیونی با Na^+،K^+ ، Ca^{2+} یا Mg^{2+} که موجب کاهش pH محلول خاک به کمی اسیدی شده است که در دسترس بودن عناصر غذایی چون آهن، منگنز، مس، روی، فسفر و نیتروژن، و افزایش کاتیون‌های محلول کلسیم، پتاسیم، منیزیم و کاهش سدیم و در نهایت شوری خاک تا حدودی افزایش می‌یابد (Mindari *et al.*, 2014; Khaled & Wafy, 2011).

کربن آلی خاک

کربن آلی خاک با کاربرد هر دو نوع کود آلی افزایش یافت، امّا بیشترین درصد کربن آلی خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC با میانگین ۰/۵ به‌دست آمد که نسبت به شاهد (۰/۲۵) افزایش ۵۰ درصدی نشان داد (جدول ۷). اسید هیومیک به همراه کود گاوی با کاهش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، محدودیت نیتروژن میکروبی و فسفر میکروبی را کاهش داد و موجب افزایش فراهمی آن‌ها شد، همچنین محتوای کربن آلی خاک را در شرایط شوری خاک افزایش داد و در نهایت ذخیره کربن آلی خاک تحت تأثیر اسید هیومیک به‌مراتب نسبت به سایر تیمارها بیشتر شد (Song *et al.*, 2023).

جرم مخصوص ظاهری

جرم مخصوص ظاهری خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول‌پاشی اسید هومیک (۱/۳۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب) نسبت به شاهد (۱/۵۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که کاربرد کود VC اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۸). نتایج تحقیق دورنچارد سینگ و همکاران (DorenchandSingh *et al.*, 2017) نشان داد که با افزایش سطوح ورمی کمپوست (صفر، دو، چهار، شش و هشت تن بر هکتار) خاک‌دانه‌های خاک افزایش و در نتیجه، کل فضای خالی خاک به‌طور معمول روند افزایشی داشت. تأثیر سطوح ورمی کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک معنی‌دار نشد.

ازآنجایی‌که کود SMC سرشار از مواد آلی است، کاربرد آن از طریق اصلاح خواص فیزیکی خاک از جمله افزایش خاک‌دانه‌سازی و تهویه خاک، موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود ساختمان خاک شده است (Mindari *et al.*, 2014; Khaled & Fawy, 2011). کاربرد اسید هیومیک با منشأ ذغال سنگ در سطح ۱۵۰

کیلوگرم بر هکتار در خاک‌هایی با خصوصیات فیزیکی ضعیف (خاک لوم رسی) نه‌تنها موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک از طریق کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل خاک شد، بلکه توانست با اصلاح ثبات خاک‌دانه‌های خاک موجب افزایش عملکرد دانه گندم شود (Ahmad *et al*., 2015).

جدول ۷- اثر سطوح دو نوع کود آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 7- The effect of two organic fertilizers levels on the soil physical and chemical properties

سطوح کودهای آلی Levels of organic fertilizers (ton.ha^{-1})	شوری خاک Soil salinity (dS.m^{-1})	پ هاش خاک Soil pH	جرم مخصوص ظاهری خاک Bulk density (g.cm^{-3})	کربن آلی خاک Organic carbon (%)
Control (0)	10.86 ^{d}	8.48 ^{ab}	1.52 ^{ab}	0.25 ^{c}
SMC (20)	13.06 ^{b}	8.28 ^{c}	1.47 ^{b}	0.35 ^{b}
SMC (40)	14.77 ^{a}	8.09 ^{d}	1.41 ^{c}	0.5 ^{a}
VC (20)	10.54 ^{d}	8.54 ^{a}	1.54 ^{a}	0.36 ^{b}
VC (40)	11.23 ^{c}	8.45 ^{ab}	1.52 ^{ab}	0.38 ^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

* In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

C 0: شاهد، VC: ورمی کمپوست، SMC: کمپوست قارچ مصرفی و HA: اسید هیومیک

C0: control, VC: vermicompost, SMC: soil mashrom compost, HA: humic acid

جدول ۸- برهم‌کنش سطوح دو نوع کود آلی × محلول‌پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 8- The interaction of organic fertilizers levels ×foliar spraying humic acid on the soil physical and chemical properties

سطوح کودهای آلی Organic fertilizers levels (ton.ha^{-1})	اسید هیومیک HA (%)	شوری خاک Soil salinity (dS.m^{-1})	پ هاش خاک pH	جرم مخصوص ظاهری خاک Bulk density (g.cm^{-3})
C 0	0	10.35 ^{d*}	8.48 ^{ab}	1.51 ^{bc}
SMC 20		12.95b	8.28 ^{c}	1.49 ^{bc}
SMC 40		14.82 ^{a}	8.10 ^{d}	1.48 ^{bc}
VC 20		10.59 ^{d}	8.55 ^{a}	1.61 ^{a}
VC 40		11.35 ^{c}	8.45 ^{ab}	1.49 ^{bc}
C 0	0.1	11.36 ^{c}	8.48 ^{ab}	1.52 ^{bc}
SMC 20		13.17 ^{b}	8.28 ^{c}	1.45 ^{c}
SMC 40		14.72 ^{a}	8.08 ^{d}	1.34 ^{d}
VC 20		10.49 ^{d}	8.52 ^{ab}	1.47 ^{bc}
VC 40		11.11 ^{c}	8.45 ^{b}	1.54 ^{ab}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه، تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

C 0: شاهد، VC: ورمی کمپوست، SMC: کمپوست قارچ مصرفی و HA: اسید هیومیک

C0: control, VC: vermicompost, SMC: soil mashrom compost, HA: humic acid

همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده

با توجه به شکل ۱، همبستگی معنی‌داری بین وزن خشک گیاه استویا و برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک وجود دارد. وزن خشک گیاه استویا با پارامترهای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و شوری خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p<0.01$) و با پارامترهای پ هاش و جرم مخصوص ظاهری خاک همبستگی منفی و معنی‌داری ($p<0.01$) داشت. همبستگی بین شوری خاک و پارامترهای جرم مخصوص ظاهری و پ هاش خاک منفی و معنی‌دار ($p<0.01$) بود، درحالی‌که همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p<0.01$) با پارامترهای کربن آلی خاک، فنل کل گیاه و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه نشان داد. کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار با فنل کل گیاه ($p<0.01$) و با pH خاک و سطح برگ گیاه استویا، همبستگی منفی و معنی‌دار ($p<0.01$) نشان داد. همبستگی بین رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل وکاتنوئید) نیز مثبت و معنی‌دار ($p<0.01$) بود. با توجه به نتایج همبستگی، کاربرد کودهای آلی تأثیر مثبتی بر بهبود پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه (رنگیزه‌های فتوسنتزی و

فنل کل) و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (پ هاش، شوری، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری خاک) داشته است.

	Bulk density جرم مخصوص ظاهری	EC شوری	pH پ هاش	OC کربن آلی	Total phenol فنل کل	Leaf area مساحت برگ	Carotenoid کاروتنوئید	Total chl کلروفیل کل	CHlb کلروفیل b	Chla کلروفیل a	DMW وزن خشک گیاه
Bulk density جرم مخصوص ظاهری	۱										
EC شوری	-0.56**	۱									
pH پ هاش	0.65**	-0.93**	۱								
OC کربن آلی	-0.43*	0.62**	-0.64**	۱							
Total phenol فنل کل	-0.57**	0.68**	-0.71**	0.64**	۱						
Leaf area مساحت برگ	-0.03	-0.04	0.02	-0.53**	-0.29	۱					
Carotenoid کاروتنوئید	-0.12	0.64**	-0.6**	0.37*	0.34	0.19	۱				
Total chl کلروفیل کل	-0.24	0.67**	-0.64**	0.38*	0.37	0.16	0.87**	۱			
Chlb کلروفیل b	-0.47**	0.49**	-0.49**	0.11	0.23	0.24	0.3	0.57**	۱		
Chla کلروفیل a	-0.19	0.72**	-0.66**	0.34	0.37*	0.21	0.94**	0.95**	0.5**	۱	
DMW وزن خشک گیاه	-0.57**	0.85**	-0.83**	0.4*	0.36	0.28	0.53**	0.6**	0.57**	0.62**	۱

+1
-1

شکل ۱- ماتریس همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده

Figure 1- Pearson correlation matrix between measured variables

DMW: وزن خشک گیاه استویا، Chla: کلروفیل a، Chlb: کلروفیل b، Total Chl: کلروفیل کل، Carotenoid: کارتنوئید، Leaf area: سطح برگ گیاه استویا
Total phenol: فنل کل گیاه استویا، OC: کربن آل خاک، pH: پ هاش خاک، EC: شوری خاک، Bulk density: جرم مخصوص ظاهری خاک

DMW: dry matter weight, Chla: chlorophyll a, Chlb: chlorophyll b, Total Chl: total chlorophyll, Carotenoid: carotenoid, Leaf area: leaf area of stevia plant
Total phenol: plant total phenol, OC: soil organic carbon, Soil pH, EC: Electrical conductivity of soil

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج این تحقیق، کاربرد کود SMC با و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک توانست از طریق اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شور (pH، کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری) و برخی خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه (رنگیزه‌های فتوسنتزی و فنل کل) سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه استویا نسبت به شاهد (بدون کود) شود، درحالی‌که کاربرد کود VC نتوانست به‌خوبی ضایعات کمپوست قارچ، کارآیی مناسبی در رابطه با خصوصیات فیزیکی و فیتوشیمیایی گیاه استویا داشته باشد. محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز با وجود افزایش فنل کل گیاه نتوانست به‌تنهایی سبب بهبود رشد گیاه در خاک خیلی شور شود و فقط همراه با کاربرد کود SMC توانست وزن خشک گیاه را افزایش دهد، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک گیاه استویا با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که برای دستیابی به عملکرد مناسب (≥ ۸۰ درصد) و بهبود در خصوصیات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی گیاه استویا در خاک خیلی شور ($ECe \geq 10$ dS.m^{-1}) لازم است که از ضایعات کمپوست قارچ ۴۰ تن بر هکتار و یا بیشتر در خاک شور سه تا شش ماه قبل از کشت استفاده شود و محلول‌پاشی اسید هیومیک ۰/۱ درصد در سه نوبت با فاصله ۲۰ روز انجام شود.

References

1. Ahmad, I., Ali, S., Saifullah Khan, Kh., Fayyaz ul Hassan, Ijaz, Sh. S., Bashir, Ka., Abbas, Z., Ahmad, M., & Shakeel, A. (2015). Use of coal derived humic acid as soil conditioner for soil physical properties and its impact on wheat crop yield. *International Journal of Biosciences (IJB), 6*(12), 81-89. http://doi.org/10.12692/ijb/6.12.81-89
2. Ahmadi, M., & Moradi, P. (2014). *Effect of humic acid on photosynthetic pigments and yield of basil plant (Ocimum basilicum L.)*. 9th Horticultural Sciences Congress of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (In Persian). https://sid.ir/paper/880102/fa
3. Amini Fard, M.H., & Qaderi Zeh, H. (2019). Effect of different levels of humic acid and planting density on antioxidant activity and biochemical properties of medicinal plant (*Trigonella foenum-graecum* L). *Ecophytochemistry of Medicinal Plants [Internet], 8*(1 (consecutive 29), 77-89. (In Persian). https://sid.ir/paper/369184/fa
4. Ampong, K., Thilakaranthna, M.S., & Gorim, L.Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health .*Frontiers in Agronomy, 4*, 10. http://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621
5. Arnon, D. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24*(1), 1-15. https://doi.org/10.21859/acadpub.nbr.3.1.69
6. Ashraf, M., & Foolad, M.R. (2007). Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental BotanyEnvironment, 59*, 206-216. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006
7. Bezuglova, O.S., Gorovtsov, A.V., Polienko, E.A., Zinchenko, V.E., Grinko, A.V., Lykhman, V.A., Dubinina, M.N., & Patrikeev, E.S. (2019). Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress. *Journal of Soils and Sediments; Dordrecht, 19*(6), 2665–2675. https://doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z
8. Cantabella, D., Piqueras, A., Acosta-Motos, Jose_A.R., Bernal-Vicente, A. Hernandez, Jose A., & Díaz-Vivancos, P. (2017). Salt-tolerance mechanisms induced in Stevia rebaudiana Bertoni: Effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content. *Plant Physiology and Biochemistry, 115*, 484e496. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.04.023
9. Dorenchand Singh, T.H., Swaroop, N., Thomas, T., & David Aron, A. (2017). Effect of different levels of vermicompost on soil physical properties of two cultivars of cabbage (*Brassica oleracea* L.) under Eastern UP (India) conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*(6), 2908-2911. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.344
10. Fathi Garlidani, A., Mir Seyed Hosseini, H., Farahbakhsh, M. (2014). Some effects of spent mushroom compost and bagasse biochar on alkaline phosphatase activity and phosphorus availability in some calcareous soils. *Iran Water and Soil Research, 46*(4). 801-812. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijswr.2015.56804
11. Flowers Timothy, J., & Colmer Timothy, D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist, 179*, 945–963. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x
12. Gandhi, S., Gat, Y., Arya, S.H., Kumar, V., Panghal, A., & Kumar, A. (2018). Natural sweeteners: Health benefits of stevia. Foods and Raw Materials, 6(2). 84-92. http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-392-402
13. Gümüs, I., & Seker, C. (2017). Effects of spent mushroom compost application on the physicochemical properties of a degraded soil. *Solid Earth, 8*, 1153–1160. https://doi.org/10.5194/se-8-1153-2017
14. Khaled, H., & Fawy, H.A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research, 6*(1), 21–29. http://doi.org/10.17221/4/2010-SWR
15. Khosravi, F., Bahmanyar, M.A., & Akbarpour, V. (2023). Effect of different levels of humic acid and zinc sulfate on morphological and phytochemical traits of (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science, 37*(3), 615-627.
16. Kumar, R., Sharma, S., Ramesh, K., Prasad, R., Pathania, V.L., Singh, B., & Deosharan Singh, R. (2012). Effect of agro-techniques on the performance of natural sweetener plant–stevia (*Stevia rebaudiana*) under western Himalayan conditions. *Indian Journal of Agronomy, 57*(1), 74-81. https://www.researchgate.net/publication/224806070
17. Kwiatkowski, C.A.; Harasim, E. (2021). The effect of fertilization with spent mushroom substrate and traditional methods of fertilization of common thyme (*Thymus vulgaris* L.) on yield quality and antioxidant properties of herbal material. *Agronomy, 11*(2), 329. https://doi.org/10.3390/agronomy11020329

18. Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R., & Cavagnaro, T.R. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy*, *124*, 37-89. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4
19. Roy, S., Barman, S., Chakraborty, U., & Chakraborty, B. (2015). Evaluation of spent mushroom substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annuum* L. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, *3*(03), 022-027.
20. Mindari, W., Aini, N., Kusuma, Z., & Syekhfani, S. (2014). Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, *2*(1), 259-268. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.021.259
21. Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, *26*, 2256. https://doi.org/10.3390/molecules26082256
22. Nguyen, P.M., Kwee, E.M. & Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, *123*(4), 1235-1241.
23. Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*, *144*, 135-143. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.039
24. Reis, M., Coelho, L., Santos, G., Kienle, U., & Beltrão, J. (2015). Yield response of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to the salinity of irrigation water. *Agricultural Water Management*, *152*, 217–221. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.01788888yuhb
25. Rezainejad, Y., & Efioni, M. (1379). The effect of organic matter on chemical properties of soil, absorption of elements by corn and its yield. *Soil and Water Sciences (Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources)*, *4*(4), 19-28. (In Persian). https://sid.ir/paper/441962/fa
26. Rostami, Q., Moghadam, M., Saeedipuya, E., & Azhdanian, L. (2018). The effect of humic acid spraying on some morpho physiological and biochemical characteristics of green mint (*Mentha spicata* L) under drought stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, *12*(1), 95-110. (In Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2018.1296.1264.
27. Roy, S., Barman, S., Chakraborty, U., & Chakraborty, B. (2015). Evaluation of spent mushroom substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annuum* L. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, *3*(03), 022-027. https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3305
28. Salachna, P., Łopusiewicz, L., Wesołowska, A., Meller, E., & Piechocki, R. (2021) Mushroom waste biomass alters the yield, total phenolic content, antioxidant activity and essential oil composition of *Tagetes patula* L. *Industrial Crops and Products*, *171*, 113961. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113961
29. Sible, C.N., Seebauer, J.R., & Below, F.E. (2021). Plant biostimulants: A categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy*, *11*, 1297. https://doi.org/10.3390/agronomy11071297
30. Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods. american society for enology and viticulture. *American Journal of Enology and Viticulture*, *28*, 49-55. https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49
31. Smirnoff, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, *125*, 27-58. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03863.x
32. Sreedhar, R.V., Venkatachalam, L., Thimmaraju, R., Bhagyalakshmi, N., Narayan, M.S., & Ravishankar, G.A. (2008). Direct organogenesis from leaf explants of stevia rebaudiana and cultivation in bioreactor. *Biologia Plantarum*, *52*(2), 355–360. https://doi.org/10.1007/s10535-008-0073-9
33. Song, J., Zhang, H., Chang, F., Yu, R. Zhang, X., Wang, X., Wang, W., Liu, J., Zhou, J., & Li, Y. (2023). Humic acid plus manure increases the soil carbon pool by inhibiting salinity and alleviating the microbial resource limitation in saline soils. *Catena*, *233*, 107527. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107527
34. Zeng, J., Chen, A., Li, D., Yi, B., & Wu, W. (2013). Effects of salt stress on the growth, physiological responses, and glycoside contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*, 5720−5726. https://doi.org/10.1021/jf401237x